

504p057005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

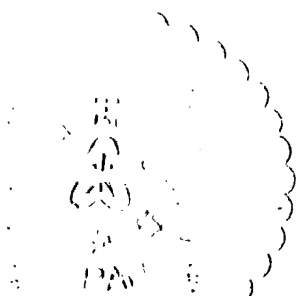
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 2 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 9 6 3 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 9 6 3 1]

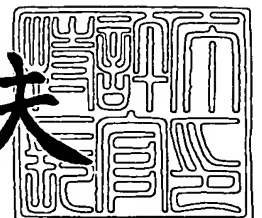
出 願 人 ソニー株式会社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 3 0 6 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 0390312602

【提出日】 平成15年 4月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 荒木田 孝博

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095821

【弁理士】

【氏名又は名称】 大澤 斌

【選任した代理人】

【識別番号】 100095326

【弁理士】

【氏名又は名称】 畑中 芳実

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 023766

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010728

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多波長半導体レーザ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子をモノリシックに備えた多波長半導体レーザにおいて、

内方から外方に順次成膜された、第 1 の誘電体膜、第 2 の誘電体膜、及び第 3 の誘電体膜の誘電体 3 層膜からなる共通の低反射多層膜が、同じ膜厚で各半導体レーザ素子の出射端面上に設けられ、

第 2 の誘電体膜の屈折率が第 1 の誘電体膜の屈折率及び第 3 の誘電体膜の屈折率より大きいことを特徴とする多波長半導体レーザ。

【請求項 2】 第 1 から第 3 の誘電体膜が、それぞれ、 Al_2O_3 膜、 SiN_x 膜、 TiO_2 膜、 SiO_2 膜、 SiC 膜、 AlN 膜、及び GaN 膜のいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の多波長半導体レーザ。

【請求項 3】 相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子の発振波長が、それぞれ、650 nm 帯、780 nm 帯、及び 850 nm 帯のいずれかであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の多波長半導体レーザ。

【請求項 4】 相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子をモノリシックに備えた多波長半導体レーザの製造方法であって、共振器構造を形成したウエハを劈開してレーザバーを形成し、レーザバーの一方の劈開面に露出する各半導体レーザ素子の出射端面上に共通の低反射膜を設ける際、

第 1 の誘電体膜、第 2 の誘電体膜、及び第 3 の誘電体膜からなる誘電体 3 層膜を共通の低反射膜として設けるために、第 1 及び第 3 の誘電体膜を選択し、次いで第 2 の誘電体膜として第 1 の誘電体膜の屈折率及び第 3 の誘電体膜の屈折率のそれぞれより大きい屈折率を有する誘電体膜を選定する第 1 のステップと、

第 1 の誘電体膜の膜厚及び第 2 の誘電体膜の膜厚を設定する第 2 のステップと、

第 3 の誘電体膜の膜厚をパラメータとして複数の半導体レーザ素子のそれぞれの発振波長に対する誘電体 3 層膜の反射率を計算して、第 3 の誘電体膜の膜厚と誘電体 3 層膜の反射率との関係を求める第 3 のステップと、

第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係に基づいて、半導体レーザー素子の各発振波長に対する反射率がそれぞれ所定値以下になる第3の誘電体膜の膜厚を選定する第4のステップと

を有することを特徴とする多波長半導体レーザーの製造方法。

【請求項5】 第1のステップでは、第1から第3の誘電体膜として、それぞれ、 Al_2O_3 膜、 SiN_x 膜、 TiO_2 膜、 SiO_2 膜、 SiC 膜、 AlN 膜、及び GaN 膜のいずれかを選定することを特徴とする請求項4に記載の多波長半導体レーザーの製造方法。

【請求項6】 相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザー素子の発振波長が、それぞれ、650nm帯、780nm帯、及び850nm帯のいずれかであることを特徴とする請求項5に記載の多波長半導体レーザーの製造方法。

【請求項7】 請求項4に記載の多波長半導体レーザーの製造方法において、第4のステップで、第3のステップで求めた第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、

第2のステップに戻り、第1の誘電体膜の膜厚及び第2の誘電体膜の膜厚の少なくともいずれかを別の膜厚に設定し、

次いで第3のステップ及び第4のステップに移行して、各発振波長に対する反射率がそれぞれ所定値以下になる第3の誘電体膜の膜厚を選定することができるまで、第2から第4のステップのサイクルを繰り返すことを特徴とする多波長半導体レーザーの製造方法。

【請求項8】 請求項7に記載の多波長半導体レーザーの製造方法において、第2から第4のステップのサイクルを繰り返しても、第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、

第1のステップに戻って、誘電体3層膜を構成する第1から第3の誘電体膜の少なくともいずれかとして別の誘電体膜を選択し、次いで第2から第4のステップのサイクルを繰り返すことを特徴とする多波長半導体レーザーの製造方法。

【請求項9】 請求項8に記載の多波長半導体レーザーの製造方法において、

第2から第4のステップのサイクルを繰り返しても、第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、

再び、第1のステップに戻って、誘電体3層膜を構成する第1から第3の誘電体膜の少なくともいずれかとして更に別の誘電体膜を選択し、次いで第2から第4のステップのサイクルを繰り返すことを特徴とする多波長半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子をモノリシックに備えた多波長半導体レーザ及びその製造方法に関し、更に詳細には、端面発光型半導体レーザ素子の相互に異なる波長に対して所望の反射率を示す共通の低反射膜を備える多波長半導体レーザ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

端面出射型半導体レーザ素子では、注入電流を増大して光出力を上げて行くと、光出力がある出力に到達した時点で、光出力が急激に減少する現象が発生する。これは、半導体レーザ素子の出射端面の光学損傷（COD：Catastrophic Optical Damage）によるもので、以下のようなメカニズムで発生するものと考えられている。

すなわち、電流注入すると、半導体レーザ素子の出射端面には存在する高密度の表面準位を介して非発光再結合電流が流れる。そのため、出射端面近傍でのキャリア密度はレーザ内部に比べて低くなり、光の吸収が生じる。この光吸収によって発熱が生じ、出射端面付近の温度が上昇するので、出射端面付近でのバンドギャップ・エネルギーが減少し、更に一層光吸収が増大する。この正帰還ループによって、出射端面の温度が極端に上昇して、終には出射端面が融解してしまい、レーザ発振が停止する。また、光吸収は、出射端面の酸化及び空格子等の点欠陥の発生によって増加すると言われている。

【0003】

そこで、従来、光学損傷の発生を防止するために、出射端面に低反射膜を形成して、出来るだけ外部にレーザ光を取り出すようにする対策が施されている。

【0004】

ところで、光記録媒体の規格、種類が多様化すると共に、異なる波長、例えば波長 650 nm 帯及び波長 780 nm 帯で記録・再生を行う 2 種類の光記録媒体を一つの装置で記録・再生できる記録・再生装置が開発されている。

このような記録・再生装置では、光学ピックアップの光源として、波長 650 nm 帯の半導体レーザ素子及び波長 780 nm 帯の半導体レーザ素子を一つのチップ上にモノリシックに搭載した 2 波長半導体レーザが設けられている。

【0005】

2 波長半導体レーザで、光学損傷の発生を防止するために各半導体レーザ素子の出射端面に個々に種類の相互に異なる低反射膜を設けると、低反射膜の成膜プロセスが複雑になる。そこで、共通して一つの低反射膜を設けようとする、低反射膜は、波長 650 nm 帯の光及び波長 780 nm 帯の光の双方に対して反射率の低い反射膜を設けることが必要である。

従って、一つの波長のみを対象にしている技術を 2 波長半導体レーザの低反射膜に適用しても、波長 650 nm 帯の光及び波長 780 nm 帯の光の双方に対して有効な低反射膜を実現することは難しい。

【0006】

そこで、例えば特開 2001-230495 公報は、一つの基板上に、異なる発振波長の半導体レーザ共振器を複数個並置してなる半導体レーザ素子の出射端面に略同一の膜厚で同種の 1 層の誘電体膜からなる反射膜を設けることを提案している。

具体的には、波長 650 nm 帯及び波長 780 nm 帯の 2 波長半導体レーザでは、波長 650 nm 帯に対する反射膜として屈折率がおおよそ 1.66 で膜厚が約 470 nm のアルミナ膜を設け、また波長 780 nm 帯に対する反射膜として屈折率がおおよそ 1.66 で膜厚が約 390 nm のアルミナ膜を設ける。つまり、一種類の材料膜を共振器端面に形成することにより、それぞれの発振波長に対

する端面反射率を制御することを提案している。

【0007】

【特許文献1】

特開 2001-230495号公報 (図1)

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前掲公報は、各波長に対する低反射膜の反射率を同じ誘電体材料の膜厚を僅かに変えることより制御しようとしているので、膜厚を変える範囲にある範囲に設定すると、各波長に対する反射率が一意的に定まる。従って、それぞれの波長に対する反射率を独立して制御することは難しい。

例えば2波長半導体レーザの場合、膜厚を仮に150nmに設定すると、一方の波長に対する反射率は10%程度になるものの、他方の波長に対する反射率は25%程度になる。従って、それぞれの波長帯で低反射率を必要とするとき、反射膜の膜厚をほぼ同じようにしようとすると、相互に異なる波長帯に対して極く限られた範囲での反射率の組み合わせしか設定することができない。これでは、所定のレーザ特性を有する多波長半導体レーザを実現することは難しい。

【0009】

そこで、本発明の目的は、各半導体レーザ素子の発振波長に対して所定の反射率を示す共通の低反射膜を出射端面に備える多波長半導体レーザを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る多波長半導体レーザは、相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子をモノリシックに備えた多波長半導体レーザにおいて、

内方から外方に順次成膜された、第1の誘電体膜、第2の誘電体膜、及び第3の誘電体膜の誘電体3層膜からなる共通の低反射多層膜が、同じ膜厚で各半導体レーザ素子の出射端面上に設けられ、

第2の誘電体膜の屈折率が第1の誘電体膜の屈折率及び第3の誘電体膜の屈折

率より大きいことを特徴としている。

【0011】

本発明では、第1の誘電体膜、第2の誘電体膜、及び第3の誘電体膜の誘電体3層膜からなる共通の低反射多層膜を同じ膜厚で各半導体レーザ素子の出射端面上に設けているので、低反射膜の成膜プロセスが簡易である。

そして、各誘電体膜の組成、膜厚を適切に設定することにより、各半導体レーザ素子の発振波長のそれぞれに対して所望の反射率を示す共通の低反射膜を設計することが容易である。例えば、本発明では、第1から第3の誘電体膜の膜種（組成）、膜厚を適切に選定することにより、出射端面の反射率を各発振波長に対して15%以下にすることができる。

【0012】

各半導体レーザ素子の発振波長のそれぞれに対する反射率は同じである必要はなく、それぞれ異なる反射率を設定することができる。例えば、一つの半導体レーザ素子に対しては5%の反射率を設定し、他の半導体レーザ素子に対しては10%の反射率を設定することもできる。

また、第2の誘電体膜の屈折率が第1の誘電体膜の屈折率及び第3の誘電体膜の屈折率より大きいことにより、第1の誘電体膜と第2の誘電体膜との界面及び第2の誘電体膜と第3の誘電体膜との界面での反射率を低くして、誘電体3層膜の実効的反射率を小さくする作用、効果がある。

【0013】

本発明に係る多波長半導体レーザでは、第1の誘電体膜及び第2の誘電体膜の膜厚を選定し、次いで第3の誘電体膜の膜厚をパラメータとして複数の半導体レーザ素子のそれぞれの発振波長に対する誘電体3層膜の反射率を計算して、第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係を求める。

続いて、第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係に基づいて、複数の半導体レーザ素子のそれぞれの発振波長に対する誘電体3層膜の反射率が所定値になる第3の誘電体膜の膜厚を選定する。

【0014】

誘電体膜の組成には制約はなく、また、第1から第3の誘電体膜がそれぞれ相

互に異なる必要はなく、第1の誘電体膜と第3の誘電体膜とが同じ組成の誘電体膜でもよい。第1から第3の誘電体膜として、例えば Al_2O_3 膜、 SiN_x 膜、 TiO_2 膜、 SiO_2 膜、 SiC 膜、 AlN 膜、及び GaN 膜のいずれかを選定することができる。

複数の端面出射型半導体レーザ素子の構成及び発振波長には制約はなく、例えば相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子の発振波長が、それぞれ、650nm帯、780nm帯、及び850nm帯のいずれかとすることができる。ここで、650nm帯とは波長645nmから665nm、780nm帯とは波長770nmから790nm、及び850nm帯とは波長830nmから860nmを言う。

【0015】

本発明は、基板、及び基板上に形成された共振器構造を構成する化合物半導体層の組成に制約無く適用でき、例えば GaAs 系、 AlGaAs 系、 AlGaInP 系の複数の半導体レーザ素子を搭載した多波長半導体レーザに好適に適用できる。

また、埋め込み型、エアリッジ型等のレーザストライプの構成に制約無く適用できる。

【0016】

本発明に係る多波長半導体レーザの製造方法は、相互に波長の異なる複数の端面発光型半導体レーザ素子をモノリシックに備えた多波長半導体レーザの製造方法であって、共振器構造を形成したウエハを劈開してレーザバーを形成し、レーザバーの一方の劈開面に露出する各半導体レーザ素子の出射端面上に共通の低反射膜を設ける際、

第1の誘電体膜、第2の誘電体膜、及び第3の誘電体膜からなる誘電体3層膜を共通の低反射膜として設けるために、第1及び第3の誘電体膜を選択し、次いで第2の誘電体膜として第1の誘電体膜の屈折率及び第3の誘電体膜の屈折率のそれぞれより大きい屈折率を有する誘電体膜を選定する第1のステップと、

第1の誘電体膜の膜厚及び第2の誘電体膜の膜厚を設定する第2のステップと

第3の誘電体膜の膜厚をパラメータとして複数の半導体レーザ素子のそれぞれの発振波長に対する誘電体3層膜の反射率を計算して、第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係を求める第3のステップと、

第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係に基づいて、半導体レーザ素子の各発振波長に対する反射率がそれぞれ所定値以下になる第3の誘電体膜の膜厚を選定する第4のステップと

を有することを特徴としている。

【0017】

本発明方法で、誘電体膜の選定、及び各誘電体膜の膜厚の設定は、従来からの実績及び実験等から得られたデータに基づいて行う。尚、一般的には、良好な誘電体膜を成膜するには、第1及び第2の誘電体膜の膜厚を20nm以上100nm以下に設定する。

また、第4のステップで、第3のステップで求めた第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、

第2のステップに戻り、第1の誘電体膜の膜厚及び第2の誘電体膜の膜厚の少なくともいずれかを別の膜厚に設定し、

次いで第3のステップ及び第4のステップに移行して、各発振波長に対する反射率がそれぞれ所定値以下になる第3の誘電体膜の膜厚を選定することができるまで、第2から第4のステップのサイクルを繰り返す。

【0018】

第2から第4のステップのサイクルを繰り返しても、第3の誘電体膜の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、

第1のステップに戻って、誘電体3層膜を構成する第1から第3の誘電体膜の少なくともいずれかとして別の誘電体膜を選択し、次いで第2から第4のステップのサイクルを繰り返す。

【0019】

上述のようにして第2から第4のステップのサイクルを繰り返しても、第3の

誘電体膜の膜厚と誘電体 3 層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、

再び、第 1 のステップに戻って、誘電体 3 層膜を構成する第 1 から第 3 の誘電体膜の少なくともいずれかとして更に別の誘電体膜を選択し、次いで第 2 から第 4 のステップのサイクルを繰り返す。

【0020】

以上のように、本発明方法では、第 1 から第 3 の誘電体膜の組成及び膜厚を変数とすることにより、変数が多いので、各半導体レーザ素子に対して最適な反射率を示す低反射膜を設けることができる。つまり、上述のサイクルを繰り返すことにより、各半導体レーザ素子の発振波長に対してそれぞれ所望の反射率を示す低反射膜を設計することができる。

【0021】

本発明方法で、第 1 の誘電体膜から第 3 の誘電体膜の成膜は、既知のスパッタ法、CVD 法、EB 蒸着法等により行うことができる。なかでも、膜厚制御性の良いスパッタ法が好ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下に、添付図面を参照して、実施形態例に基づいて本発明をより詳細に説明する。

多波長半導体レーザの実施形態例 1

本実施形態例は本発明に係る多波長半導体レーザの実施形態の一例であって、図 1 は本実施形態例の多波長半導体レーザの出射端面及び後端面に設けた低反射膜及び高反射膜の構成を示す断面図である。

本実施形態例の多波長半導体レーザ 10 は、図 1 に示すように、共通基板（図示せず）上に分離領域 11 を介して発振波長 650 nm の第 1 の端面出射型共振器構造（第 1 の半導体レーザ素子）12 と発振波長 780 nm の第 2 の端面出射型共振器構造（第 2 の半導体レーザ素子）14 とをそれぞれ備えている多波長半導体レーザである。尚、図 1 は最終製品になる前のウエハを劈開したレーザバーの形態で多波長半導体レーザを示し、図 1 の左側端面を出射端面としている。

【0023】

第1の共振器構造12及び第2の共振器構造14の出射端面には、内方から外方に順次成膜された、膜厚60nmの第1の Al_2O_3 膜16、膜厚55nmの TiO_2 膜18、及び膜厚140nmの第2の Al_2O_3 膜20の誘電体3層膜からなる低反射膜22が設けてある。

第2の誘電体膜として設けられている TiO_2 膜18の屈折率は、2.00であって、本発明で特定されているように、第1の誘電体膜として設けられた第1の Al_2O_3 膜16及び第2の誘電体膜として設けられた第3の Al_2O_3 膜20の屈折率1.65より大きい。

【0024】

出射端面の反対側の面には、650nmと780nmの中間値である約720nmの波長に対して、膜厚 $\lambda/4n_1$ ($\lambda=720\text{nm}$ 、 n_1 は Al_2O_3 膜の屈折率)の Al_2O_3 膜24と膜厚 $\lambda/4n_2$ ($\lambda=720\text{nm}$ 、 n_2 はa-Si膜の屈折率)のa-Si膜26をそれぞれ交互に積層した4層膜からなる反射率93%の高反射膜28が設けてある。

【0025】

第2の Al_2O_3 膜20の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係を示す図2から判るように、本実施形態例では低反射膜22を上述のように構成することにより、低反射膜22は、発振波長650nm及び発振波長780nmの双方に対して反射率が9%という低反射率を示している。

図2は、第1の Al_2O_3 膜16の膜厚を60nmに、 TiO_2 膜18の膜厚を55nmにそれぞれ設定し、第2の Al_2O_3 膜20の膜厚をパラメータとして波長650nm及び波長780nmに対する誘電体3層膜の反射率を計算したグラフである。

【0026】

仮に、第1の Al_2O_3 膜16の膜厚及び TiO_2 膜18の膜厚を上述の低反射膜22と同様に、それぞれ、60nm及び55nmに設定する一方、第2の Al_2O_3 膜20の膜厚を低反射膜22とは異なり100nmに選定すると、図2のグラフから、低反射膜として、波長650nmに対して19%の反射率、また

波長 780 nm に対して 25% の反射率を示す誘電体 3 層膜を設定することができる。

また、第 1 の Al_2O_3 膜 16 の膜厚及び TiO_2 膜 18 の膜厚を上述の低反射膜 22 と同様に設定する一方、第 2 の Al_2O_3 膜 20 の膜厚を低反射膜 22 とは異なり 175 nm に選定すると、図 2 のグラフから、低反射膜として、波長 650 nm に対して 25% の反射率、また波長 780 nm に対して 2% の反射率を示す誘電体 3 層膜を設定することができる。

【0027】

多波長半導体レーザの実施形態例 2

本実施形態例は本発明に係る多波長半導体レーザの実施形態の別の例であって、図 3 は本実施形態例の多波長半導体レーザの出射端面及び後端面に設けた低反射膜及び高反射膜の構成を示す断面図である。

本実施形態例の多波長半導体レーザ 38 は、実施形態例 1 と同様に、共通基板（図示せず）上に、共通基板（図示せず）上に分離領域 11 を介して発振波長 650 nm の第 1 の端面出射型共振器構造（第 1 の半導体レーザ素子）12 と発振波長 780 nm の第 2 の端面出射型共振器構造（第 2 の半導体レーザ素子）14 とをそれぞれ備えている多波長半導体レーザであって、出射端面に設けた低反射膜の構成が異なることを除いて、実施形態例 1 と同じ構成を備えている。

【0028】

端面出射型共振器構造 12 及び端面出射型共振器構造 14 の出射端面には、内方から外方に順次成膜されている、膜厚 30 nm の第 1 の Al_2O_3 膜 30、膜厚 50 nm の TiO_2 膜 32、及び膜厚 100 nm の第 2 の Al_2O_3 膜 34 の誘電体 3 層膜からなる低反射膜 36 が設けてある。

出射端面の反対側の面には、実施形態例 1 と同様に、650 nm と 780 nm の中間値である約 720 nm の波長に対して、膜厚 $\lambda/4n_1$ ($\lambda = 720$ nm、 n_1 は Al_2O_3 膜の屈折率) の Al_2O_3 膜 24 と膜厚 $\lambda/4n_2$ ($\lambda = 720$ nm、 n_2 は a-Si 膜の屈折率) の a-Si の膜 26 を交互に積層した 4 層膜からなる反射率 93% の高反射膜 28 が設けてある。

【0029】

第2の Al_2O_3 膜34の膜厚と誘電体3層膜の反射率との関係を示す図4から判るように、発振波長650nm及び発振波長780nmの双方に対して、低反射膜36は、反射率が10%という低反射率を示している。

図4は、第1の Al_2O_3 膜30の膜厚を30nmに、 TiO_2 膜32の膜厚を50nmにそれぞれ設定し、第2の Al_2O_3 膜30の膜厚をパラメータとして波長650nm及び波長780nmに対する誘電体3層膜の反射率を計算したグラフである。

【0030】

仮に、第1の Al_2O_3 膜30の膜厚及び TiO_2 膜32の膜厚を上述の低反射膜36と同様に、それぞれ、30nm及び50nmに設定する一方、第2の Al_2O_3 膜34の膜厚を低反射膜36とは異なり150nmに選定すると、図4のグラフから、低反射膜として、波長650nmに対して1%以下の反射率、また波長780nmに対して約8%の反射率を示す誘電体3層膜を設定することができる。

また、第1の Al_2O_3 膜30の膜厚及び TiO_2 膜32の膜厚を上述の低反射膜36と同様に設定し、第3の Al_2O_3 膜16の膜厚を低反射膜22とは異なり第2の Al_2O_3 膜34の膜厚を200nmに選定すると、図4のグラフから、低反射膜として、波長650nmに対して約8%の反射率、また波長780nmに対して約3%の反射率を示す誘電体3層膜を設定することができる。

【0031】

多波長半導体レーザの製造方法の実施形態例

本実施形態例は本発明に係る多波長半導体レーザの製造方法を実施形態例1の多波長半導体レーザの製造に適用した実施形態の一例である。図5(a)及び(b)は、それぞれ、実施形態例1の多波長半導体レーザを製造する際の各工程の断面図であり、図6は本実施形態例で低反射膜の構成を設定する手順を示すフローチャートである。

従来から既知の多波長半導体レーザの製造方法、例えば特開2001-244572号公報に記載の製造方法に従って、ウェハ上に発振波長650nmの第1の端面出射型共振器構造12及び発振波長780nmの第2の端面出射型共振器

構造 14 を形成する。

次いで、第 1 の端面出射型共振器構造 12 及び第 2 の端面出射型共振器構造 14 を形成したウエハを劈開して、図 5 (a) に示すように、レーザバー 40 を形成する。

【0032】

本実施形態例では、第 1 の誘電体膜、第 2 の誘電体膜、及び第 3 の誘電体膜の誘電体 3 層膜からなる低反射膜であって、波長 650 nm 及び波長 780 nm に対して反射率 15 % 以下になる共通の低反射膜を端面出射型共振器構造 12 及び端面出射型共振器構造 14 の出射端面に設ける。

【0033】

そこで、第 1 の誘電体膜、第 2 の誘電体膜、及び第 3 の誘電体膜の誘電体 3 層膜からなる共通の低反射膜を設けるために、先ず、図 6 に示すように、ステップ S_1 で、第 1 及び第 3 の誘電体膜を選択し、次いで第 2 の誘電体膜として第 1 の誘電体膜の屈折率及び第 3 の誘電体膜の屈折率より大きい屈折率を有する誘電体膜を選定する。例えば、誘電体膜として Al_2O_3 膜、 SiN_x 膜、 TiO_2 膜、 SiO_2 膜、 SiC 膜、 AlN 膜、及び GaN 膜のいずれかを選定する。尚、第 2 の誘電体膜の選定に際し、第 2 の誘電体膜として、第 1 及び第 3 の誘電体膜の屈折率より大きな屈折率の誘電体膜を選定する。また、誘電体膜の選定、及び各誘電体膜の膜厚の設定は、従来からの実績及び実験等から得られたデータに基づいて行う。

本実施形態例では、第 1 の誘電体膜として Al_2O_3 膜を選定して第 1 の Al_2O_3 膜 16 とし、第 2 の誘電体膜として TiO_2 膜を選定して TiO_2 膜 18 とし、第 3 の誘電体膜として Al_2O_3 膜を選定して第 2 の Al_2O_3 膜 20 としている。

【0034】

続いて、ステップ S_2 で、第 1 の Al_2O_3 膜 16 及び TiO_2 膜 18 の膜厚を設定する。膜厚の設定に際し、一般的には、良好な誘電体膜を成膜するには、第 1 及び第 2 の誘電体膜の膜厚を 20 nm 以上 100 nm 以下に設定する。本実施形態例では、第 1 の Al_2O_3 膜 16 の膜厚を 60 nm に、 TiO_2 膜 18 の

膜厚を 55 nm に設定する。

次に、ステップ S₃ で、第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚をパラメータとして波長 650 nm 及び波長 780 nm に対する誘電体 3 層膜の反射率を計算して、図 7 (図 2 と同じグラフである) に示すような第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚と誘電体 3 層膜の反射率の関係を示すグラフを作成する。

次いで、ステップ S₄ で、図 7 に示すグラフに基づいて、波長 650 nm 及び波長 780 nm に対して反射率が 15 % 以下になる第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚を求める。双方の波長に対する反射率が 15 % 以下になる第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚は、図 7 から判る通り、125 nm から 155 nm の "A" で示す範囲である。本実施形態例では、第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚を 140 nm に設定することにより、波長 650 nm 及び波長 780 nm に対する反射率が約 10 % の低反射膜 22 を設計することができる。

【0035】

尚、ステップ S₄ で、第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚と誘電体 3 層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、ステップ S₂ に戻り、第 1 の Al₂O₃ 膜 16 の膜厚、TiO₂ 膜 18 の少なくともいずれかの膜厚を新たに設定し、ステップ S₃ で誘電体 3 層膜の反射率を計算し、ステップ S₄ で波長 650 nm 及び波長 780 nm に対して反射率が 15 % 以下になる第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚を設定する。

【0036】

それでも、第 2 の Al₂O₃ 膜 20 の膜厚と誘電体 3 層膜の反射率との関係が各発振波長に対する反射率をそれぞれ所定値以下にすることができないときには、ステップ S₁ に戻り、第 1 の誘電体膜から第 3 の誘電体膜の選定をやり直し、所定の反射率を得ることができるまで、ステップ S₁ からステップ S₄ のサイクルを繰り返す。

【0037】

次いで、図 5 (b) に示すように、端面出射型共振器構造 12 及び端面出射型共振器構造 14 の出射端面を露出させたレーザバー 40 の劈開面に、順次、膜厚 60 nm の第 1 の Al₂O₃ 膜 16、膜厚 55 nm の TiO₂ 膜 18、及び膜厚

140 nm の第 2 の Al_2O_3 膜 20 を CVD 法により成膜して低反射膜 22 を形成する。

また、出射端面とは反対側の後端面側の劈開面に膜厚 $\lambda/4n_1$ ($\lambda = 720$ nm、 n_1 は Al_2O_3 膜の屈折率) の Al_2O_3 膜 24 と膜厚 $\lambda/4n_2$ ($\lambda = 720$ nm、 n_2 は a-Si 膜の屈折率) の a-Si の膜 26 を交互に積層した 4 層膜を CVD 法により成膜して高反射膜 28 を形成する。

これにより、所望の低反射率を示す低反射膜を出射端面に備えた多波長半導体レーザを製造することができる。

【0038】

本実施形態例では、上述のように低反射膜として誘電体 3 層膜を採用することにより、設計上の変数が増えるので、変数を適切に設定することにより、低反射膜の反射率の絶対値や位相を広い範囲で設計することが容易になる。

【0039】

実施形態例では、誘電体膜材料の組み合わせとして、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 構造を示したが、第 1 及び第 3 の誘電体膜よりも屈折率の高い誘電体膜材料を第 2 の誘電体膜として選定する限り、第 1 から第 3 の誘電体膜の材料を自由に設定することができる。

また、実施形態例では、半導体レーザ素子の発振波長として 650 nm 及び 780 nm を例に挙げているが、発振波長に制限はなく、多波長半導体レーザに搭載した各半導体レーザ素子の特性に合わせて、反射率を満足する低反射膜の構成を設定することができる。

【0040】

【発明の効果】

本発明によれば、低反射膜として、第 1 の誘電体膜、屈折率が第 1 の誘電体膜の屈折率及び第 3 の誘電体膜の屈折率より大きい第 2 の誘電体膜、及び第 3 の誘電体膜の誘電体 3 層膜からなる共通の低反射多層膜を同じ膜厚で各半導体レーザ素子の出射端面上に設け、各誘電体膜の組成、膜厚を適切に設定することにより、各半導体レーザ素子の発振波長のそれぞれに対して所望の反射率を示す共通の低反射膜を設計することが容易になる。

本発明では、多波長半導体レーザに搭載した各半導体レーザ素子の発振波長に対する反射率を広範囲で組み合わせることができるので、各半導体レーザ素子のレーザ特性に合わせて反射率制御が可能となる。

また、本発明で特定した、第2の誘電体膜の屈折率と第1及び第3の誘電体膜の屈折率の大小関係を満足する限り、本発明で誘電体膜として用いる材料は、多種にわたる誘電体膜材料を用いることができるので、低反射膜の設計、作製が容易である。

本発明方法は、本発明に係る多波長半導体レーザの好適な製造方法を実現している。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施形態例1の多波長半導体レーザの出射端面及び後端面に設けた低反射膜及び高反射膜の構成を示す断面図である。

【図2】

実施形態例1の第2の Al_2O_3 膜の膜厚と波長650nm及び波長780nmに対する誘電体3層膜の反射率との関係を示すグラフである。

【図3】

実施形態例2の多波長半導体レーザの出射端面及び後端面に設けた低反射膜及び高反射膜の構成を示す断面図である。

【図4】

実施形態例2の第2の Al_2O_3 膜の膜厚と波長650nm及び波長780nmに対する誘電体3層膜の反射率との関係を示すグラフである。

【図5】

図5(a)及び(b)は、それぞれ、実施形態例1の多波長半導体レーザを製造する際の各工程の断面図である。

【図6】

実施形態例の方法により低反射膜の構成を設定する手順を示すフローチャートである。

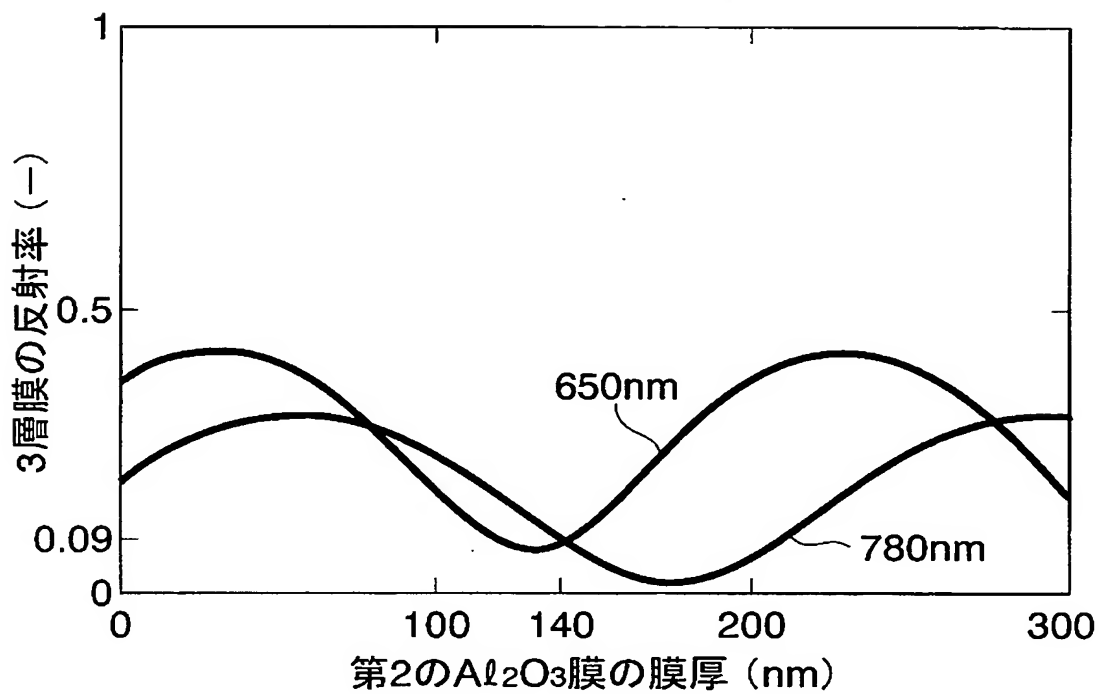
【図7】

図 2 に示すグラフで反射率が 15% 以下になる第 2 の Al_2O_3 膜の膜厚範囲を示すグラフである。

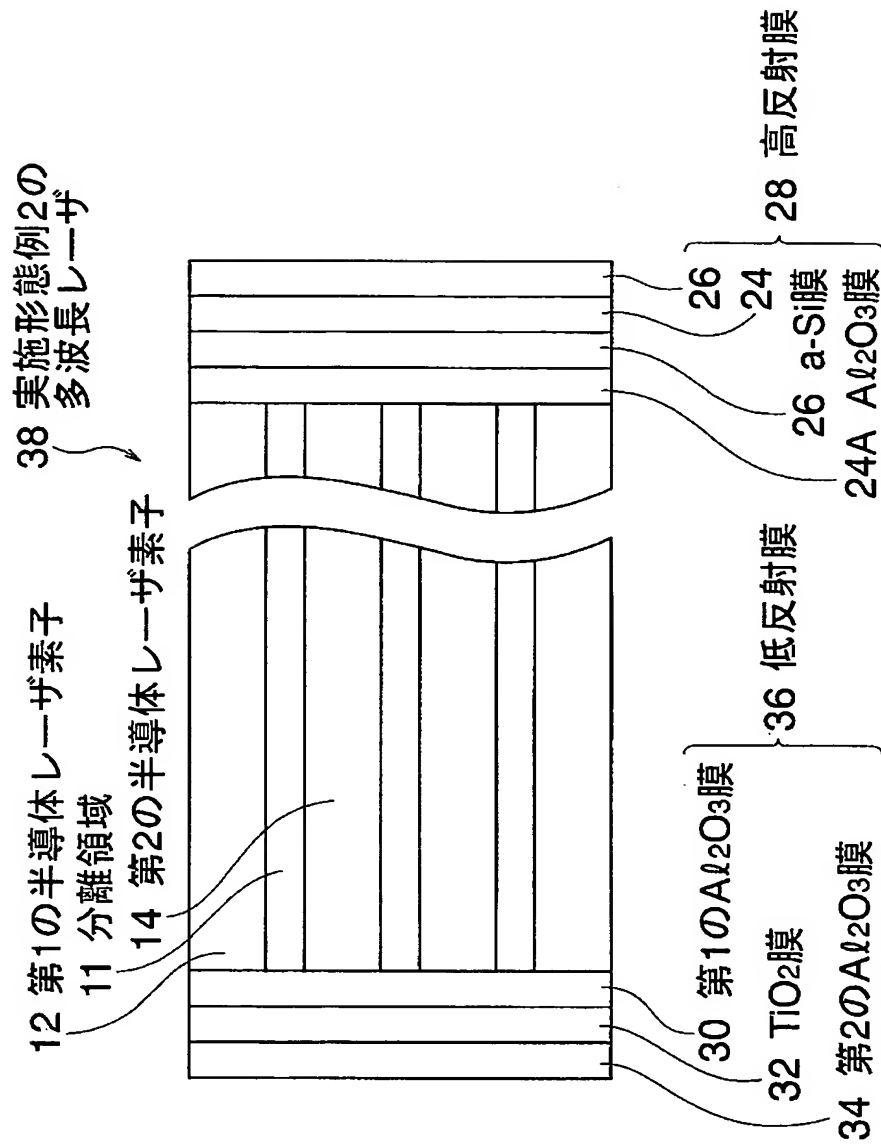
【符号の説明】

10……実施形態例 1 の多波長半導体レーザ、11……分離領域、12……発振波長 650 nm の第 1 の端面出射型共振器構造、14……発振波長 780 nm の第 2 の端面出射型共振器構造、16……第 1 の Al_2O_3 膜、18…… TiO_2 膜、20……第 2 の Al_2O_3 膜、22……低反射膜、24…… Al_2O_3 膜、26……a-Si の膜、28……高反射膜、30……第 1 の Al_2O_3 膜、32…… TiO_2 膜、34……第 2 の Al_2O_3 膜、38……実施形態例 2 の多波長半導体レーザ、40……レーザバー。

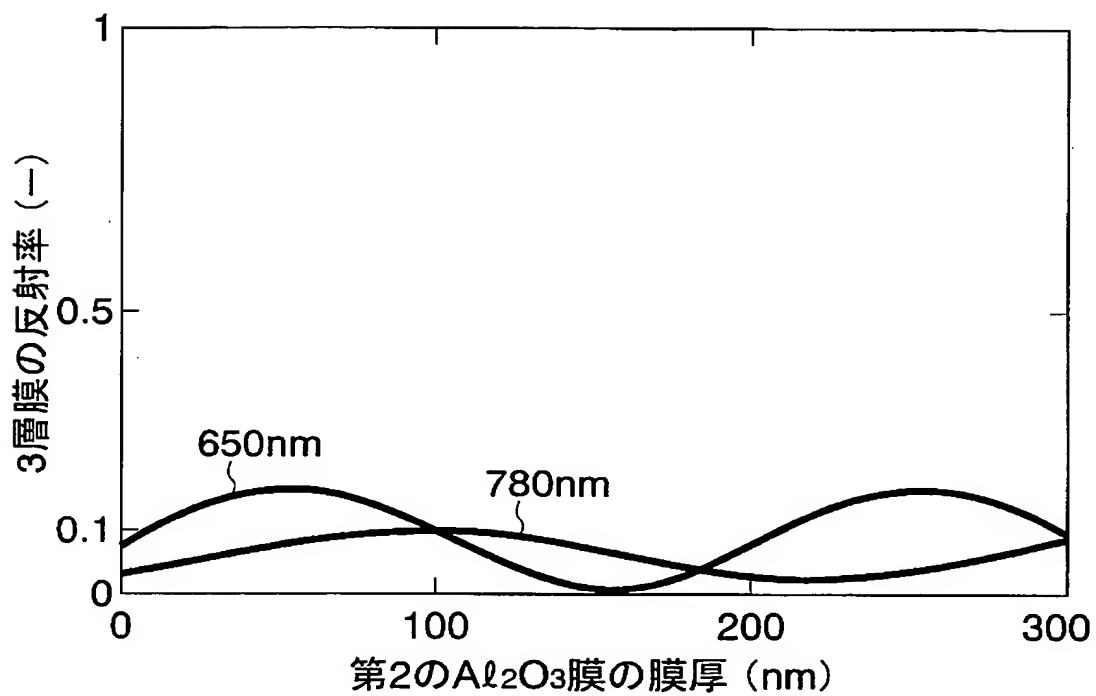
【図 2】



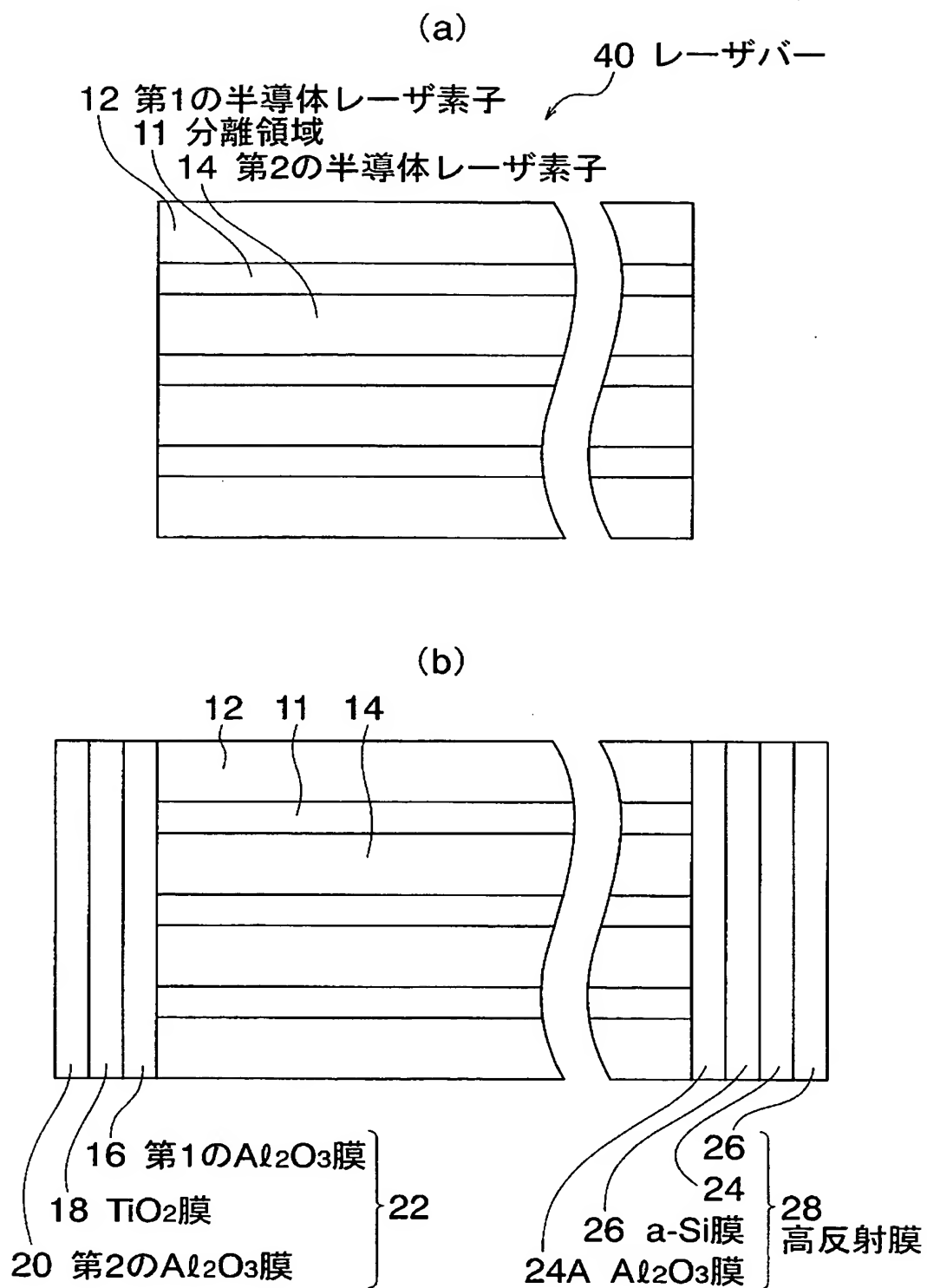
【図 3】



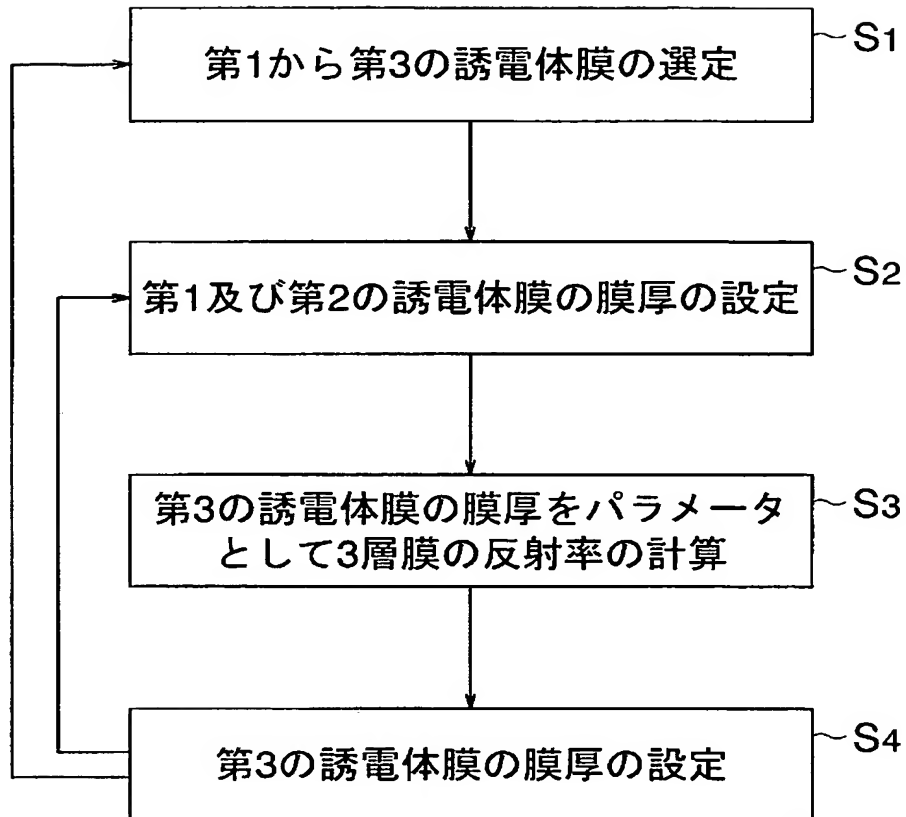
【図 4】



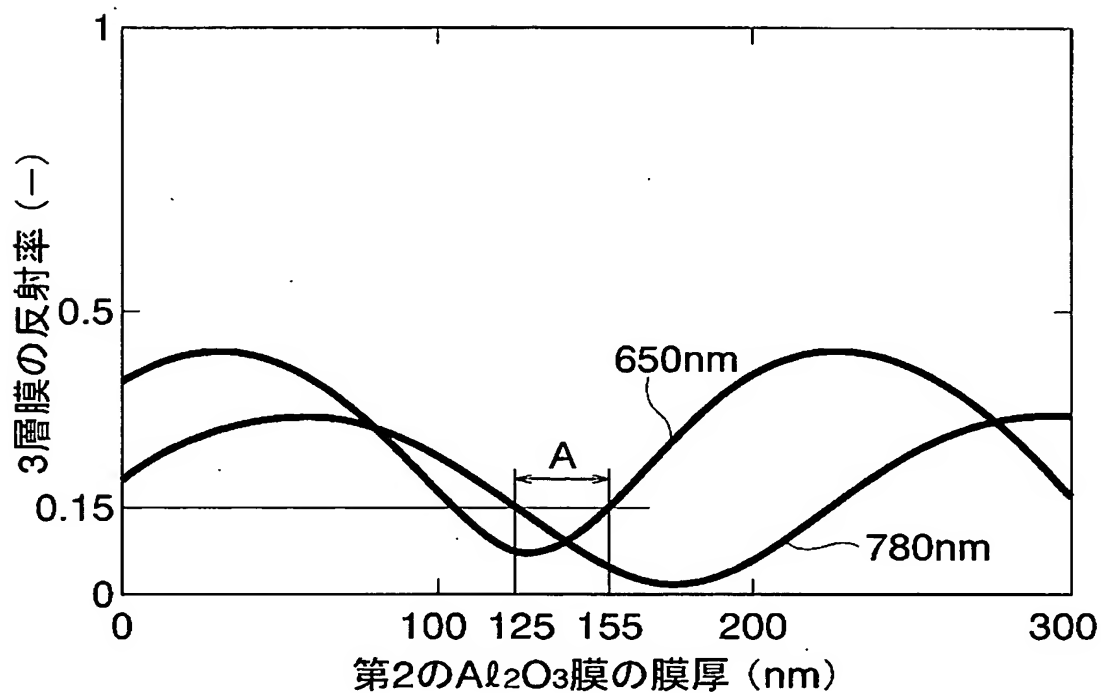
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 各半導体レーザ素子の発振波長に対して所定の反射率を示す共通の低反射膜を出射端面に備える多波長半導体レーザを提供する。

【解決手段】 本多波長半導体レーザ 1 0 は、共通基板上に分離領域 1 1 を介して発振波長 6 5 0 n m の第 1 の端面出射型共振器構造 1 2 と発振波長 7 8 0 n m の第 2 の端面出射型共振器構造 1 4 とをそれぞれ備えている多波長半導体レーザである。第 1 及び第 2 の共振器構造 1 2 及び 1 4 の出射端面には、内方から外方に順次成膜された、膜厚 6 0 n m の第 1 の Al_2O_3 膜 1 6、屈折率が第 1 及び第 3 の Al_2O_3 膜 1 6、2 0 より小さい膜厚 5 5 n m の TiO_2 膜 1 8、及び膜厚 1 4 0 n m の第 2 の Al_2O_3 膜 2 0 の誘電体 3 層膜からなる低反射膜 2 2 が設けてある。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 1 9 6 3 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号
氏 名	ソニー株式会社